



## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

4.

Általános anyagszerkezeti ismeretek  
Anyagcsaládok: fémek és kerámiák

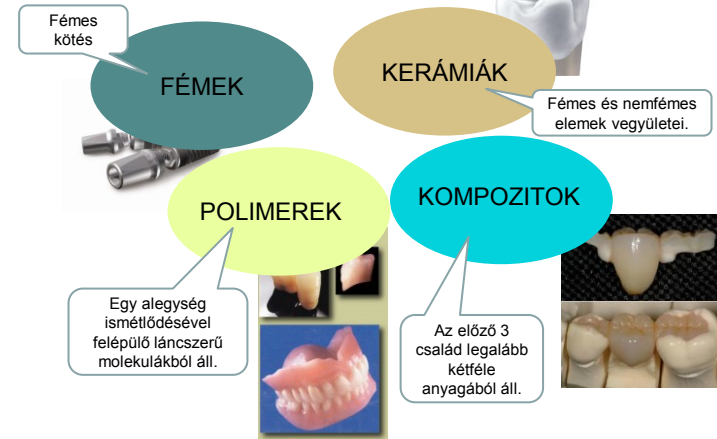
Tankönyv  
fejezetei:  
9-13

HF:

3. fej.:  
3-5, 8, 10, 12, 14,  
18

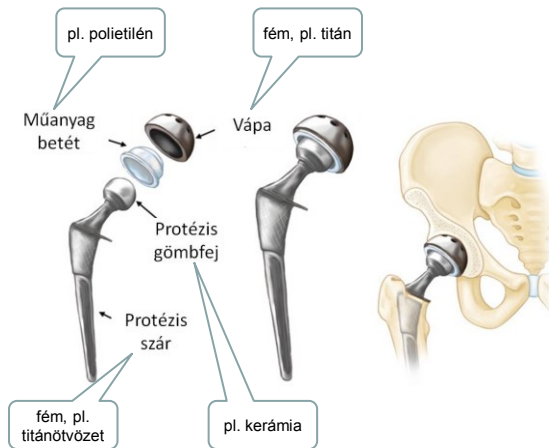
1

## Fogászati anyagok fajtái

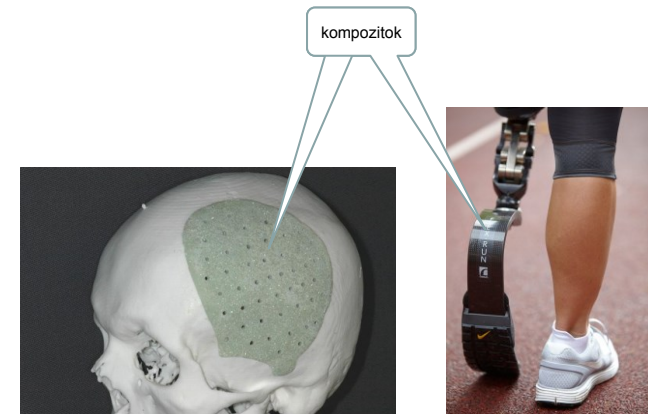


2

Néhány általános orvosi példa:

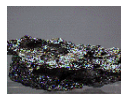


3



4

## Fémek



### Tulajdonságai:

- gyakori anyag; változatos tulajdonságúak
- viszonylag nagy sűrűség
- szobahőmérsékleten szilárd (kivéve Ga és Hg)
- viszonylag nagy szívósságúak és szilárdságúak
- viszonylag jól alakíthatók
- hajlamosak a korrózióra (kivéve a nemesfémek)
- ötvözzel tulajdonságaik jól befolyásolhatók
- jó hő- és elektromos vezetőképesség
- fémes szín
- nagyrészt nem biokompatibilisek



### Szerkezete:

- fémes kötés
- színfémekben azonos méretű atomok
- kristályos (leggyakrabban hexagonális, vagy köbös)\*
- polikristályos\*\*

amorf  
fémüveg!

### Alkalmazási példák:

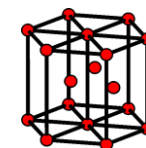
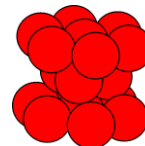
- koronák, hidak
- implantátumok
- tömés
- fogszabályozó készülékek

Előállítás: olvasztás, öntés

5

## \*Miért gyakori a hexagonális és köbös rács a fémeknél?

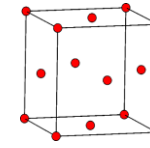
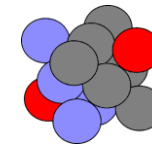
Egyforma gömbök illeszkedése!



szoros illeszkedésű  
hexagonális (hcp)

pl. Ti, Cd, Co, Zn, ...

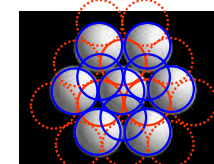
térkitöltési  
tényező: 74 %



szoros illeszkedésű köbös  
(lapcentrált köbös, fcc)

pl. Ag, Au, Pt, Al, Cu, Ni, ...

74 %



kevésbé szoros  
illeszkedés: pl.  
tércentrált köbös (bcc)

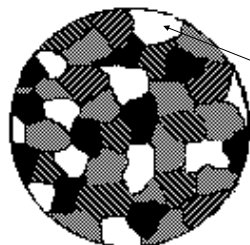
pl. Fe, Cr, ...

68 %

6

## \*\*Polikristályos szerkezet

### Szövetszerkezet, mikrostruktúra:

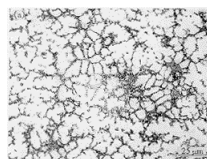


zemcsék  
kristallitok,  
zövelemek)

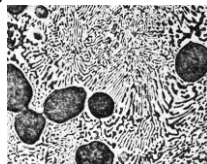
### Szövetszerkezet vizsgálata:

- csiszolás durvább/finomabb
- kémiai maratás
- mikroszkópi megfigyelés (fémmikroszkóp)

homogén szövetszerkezet



heterogén szövetszerkezet



7

## Fémötvözetek

Cél: tulajdonságok javítása, pl.

- korrózióállóság javítása, pl. Fe, Ni, Co, ...+Cr
- nagyobb keménység, merevség elérése, pl. Au+Cu
- fém-kerámia adhézió növelése, pl. nemesfém+Fe, Sn, In

### Osztályozás:

- fém+fém, pl. Fe+Cr
- fém+nemfém, pl. Fe+C
- használat szerint (pl. inlay, korona, ...)
- alap elem szerint (arany alapú, palládium alapú, ...)
- komponensek száma (biner, terner, kvaterner, ...) szerint
- 3 fő elem szerint (pl. Au-Pd-Ag, Ni-Cr-Be, ...)
- uralkodó fázisdiagram szerint
  - szilárd oldat
  - eutektikus ötvözet
  - peritektikus ötvözet
  - fémvegyület



8

### Ötvözési arányok:

• tömeg%  $c_{m,1} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} (\cdot 100\%)$

• mól%  $c_{v,1} = \frac{V_1}{V_1 + V_2} (\cdot 100\%) \rightarrow \text{tulajdonságok!}$   
(Pl. Ni-Cr-Mo-Be ötvözet: Be 1,8 súly%  $\leftrightarrow$  11 mól%)

Átszámoláshoz:

$$c_{v,1} = \frac{c_{m,1} \cdot M_2}{c_{m,1} \cdot M_2 + c_{m,2} \cdot M_1} (\cdot 100\%) \quad c_{m,1} = \frac{c_{v,1} \cdot M_1}{c_{v,1} \cdot M_1 + c_{v,2} \cdot M_2} (\cdot 100\%)$$

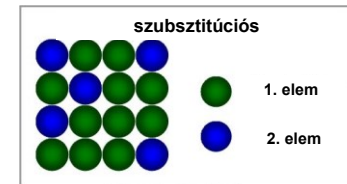
Átlagsűrűség:  $\bar{\rho} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{c_{m,1} \cdot \rho_2 + c_{m,2} \cdot \rho_1}$

9

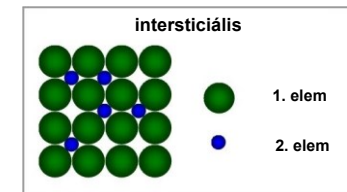
### Szilárd oldat (elegykristály)

Mind folyadék fázisban, mind szilárd fázisban jó oldódás  $\rightarrow$

homogén szövetszerkezet



pl. Cu-Ni, Pd-Ag, Au-Cu, ...



pl. Fe-C, CP Ti (O, C, N, H), ...

(CP: kereskedelmi tisztaságú)

10

### Oldhatóság feltételei szubsztitúciós szilárd oldatra:

- atomok mérete ne nagyon különbözzön (< 15%)
- azonos kristályrács típus
- hasonló elektronegativitás
- vegyérték azonos, vagy az „oldószer” vegyértéke nagyobb

fém	atom átmérő (nm)	rács típus	elektro-negativitás
Au	0,2882	fcc	2,4
Pt	0,2775	fcc	2,2
Pd	0,2750	fcc	2,2
Ag	0,2888	fcc	1,9
Cu	0,2556	fcc	1,9
Ni	0,25	fcc	1,8
Sn	0,3016	tetragonális	1,8

### Oldhatóság feltételei intersticiális szilárd oldatra:

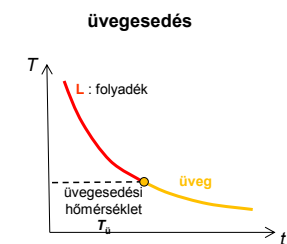
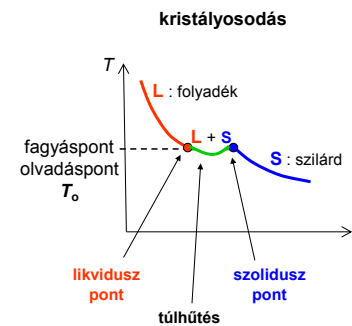
- „oldott” atom mérete jóval kisebb
- „oldott” anyag mennyisége kicsi (< 10%)

### Szilárd oldat tulajdonságai:

Rugalmassági határ, szilárdság, keménység nő,  
képlékenység csökken, pl. Au-Cu(5 tömeg%)

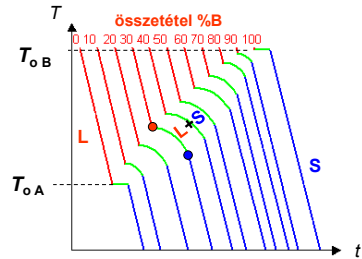
11

### Tiszta fémolvadék lehűlési görbéje

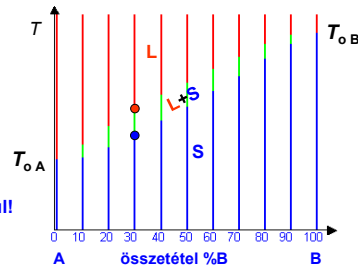


12

Szilárd oldat  
lehűlési görbéje



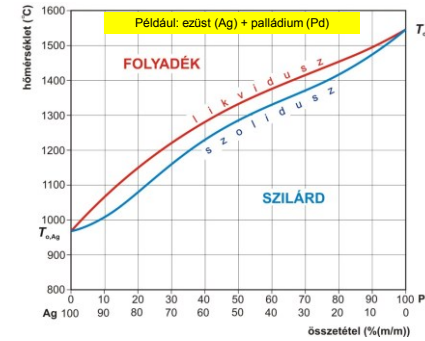
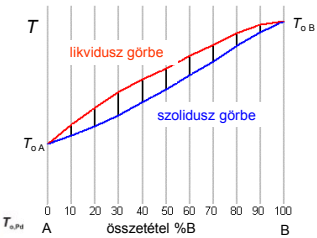
fázisdiagramja



Egyensúlyi állapotokon keresztül!  
= végtelenül lassú hűtés

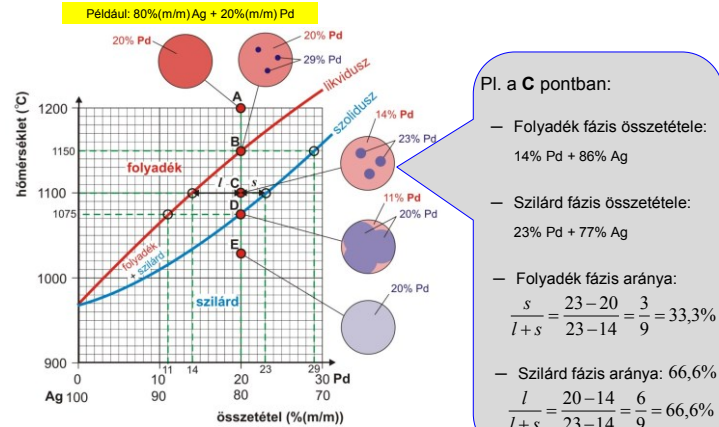
13

Egyensúly!



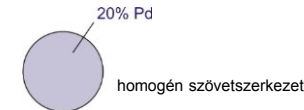
14

Fázisok arányának, összetételének meghatározása



15

Egyensúlyi állapotokon keresztül =  
végtelenül lassú hűtés

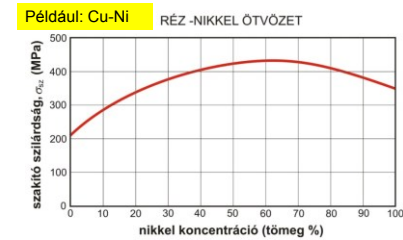


Nem egyensúlyi állapotokon keresztül =  
ésszerű sebességű hűtés



➔ homogenizáció

Ötvözés hatása a tulajdonságokra



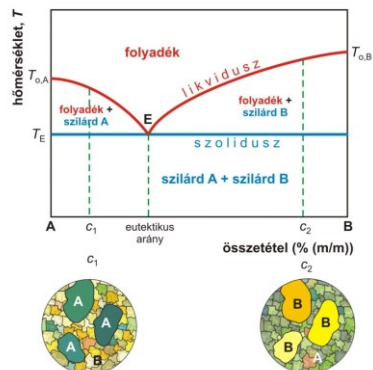
16

## Eutektikus ötvözetek

Szilárd fázisban teljes oldhatatlanság →

színfém kristallitok →

heterogén szövetszerkezet



Például:

77% $\text{H}_2\text{O}$ +23% $\text{NaCl}$ :

$T_E = -21^\circ\text{C}$

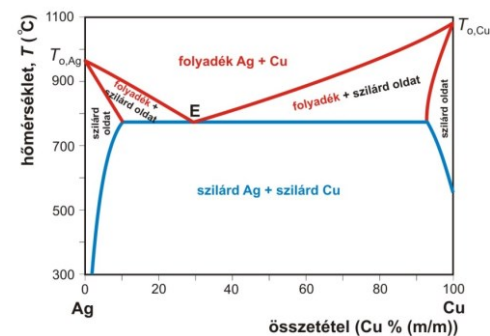
Wood-fém (Bi-Pb-Cd-Sn):

$T_E = 68^\circ\text{C}$

$>230^\circ\text{C}$

17

Pl. Ag-Cu

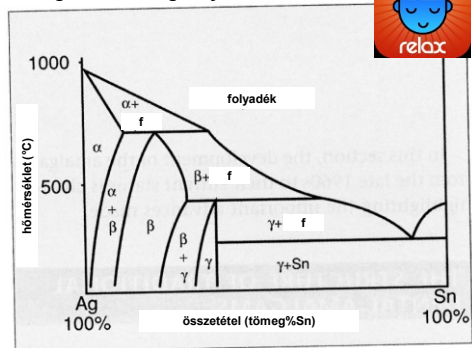


18

## Amalgám

tipikus összetétel	
fém	%(m/m)
Hg	50
Ag	34
Sn	13
Cu	2
Zn	1

Ag-Sn fázisdiagramja



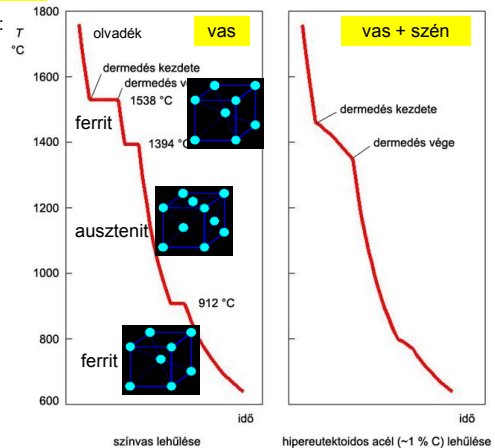
$\gamma$  fázis:  $\text{Ag}_3\text{Sn}$

19

## Egy exotikus fázis – martenzit

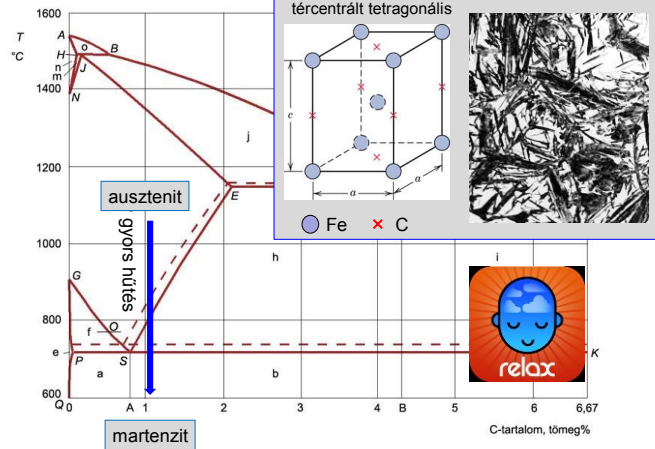
Példa: vas-szén ötvözet

Lehülési görbe:



20

Fázisdiagram:



21

## Kerámiák

**Definíció:** fémek és nemfémek vegyülete (vannak kivételek!)

**Tulajdonságai:**

- közepes sűrűség
- szobahőmérsékleten szilárd
- nagy merevség, keménység, de nem jól alakíthatók, törékenyek
- nagy hő- és korrózióállóság
- gyenge hőszigetelés
- rossz hő- és elektromos vezetőképesség
- változatos optikai tulajdonságok
- biokompatibilitás



**Előállítás:**

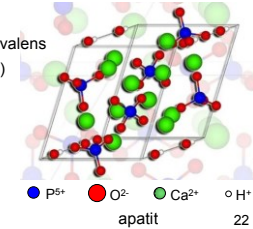
- olvasztás, öntés
- szinterelés\*

**Szerkezete:**

- főként ionkötés, kisebb részben kovalens
- különböző méretű ionok (általában)
- kristályos v. amorf v. vegyes\*\*

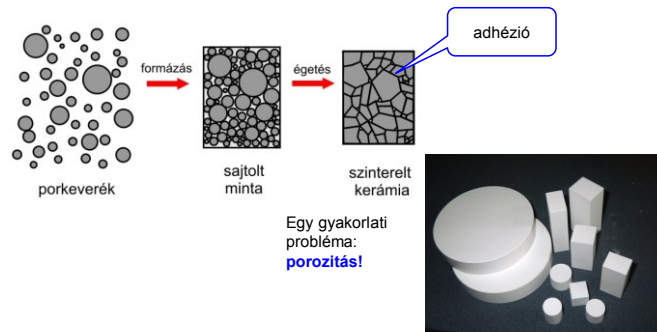
**Alkalmazási példák:**

- koronák, hidak
- gyökérstift
- cementek
- csiszolóanyagok



22

## \*Szinterelés



**Folyadékfázisú szinterelés:** olvasztás és égetés kombinációja

23

## \*\*Szerkezet

**amorf**



**kristályos**

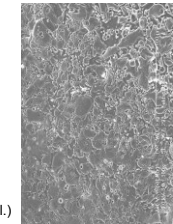
**egykristály**



**polikristály**

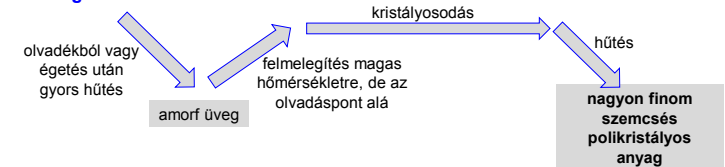


**vegyes**



(Bonyolult kristályrácsstruktúrák, különböző méretű ionokkal.)

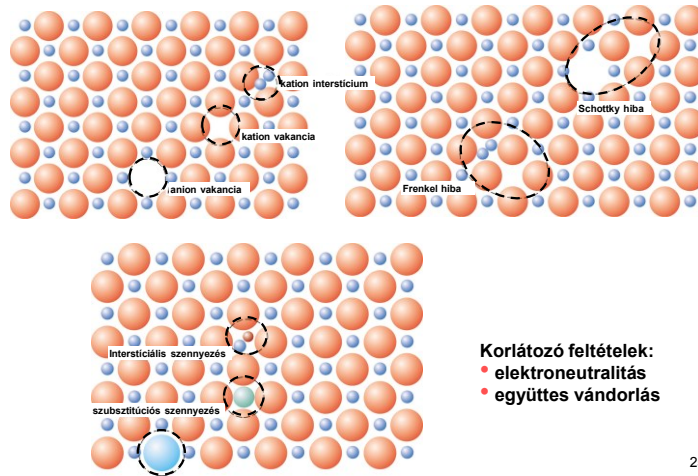
**Üvegkerámia:**



24



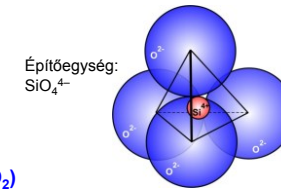
### Kristályrácsbeli hibák:



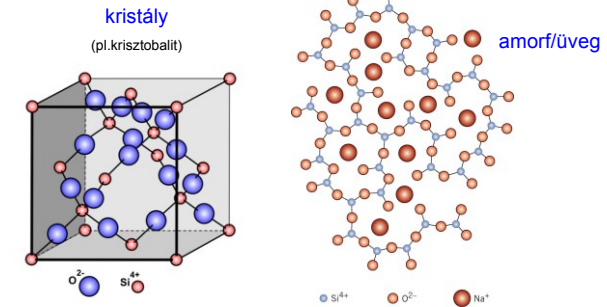
25

### Szilikátok

Meghatározó elemek: Si és O

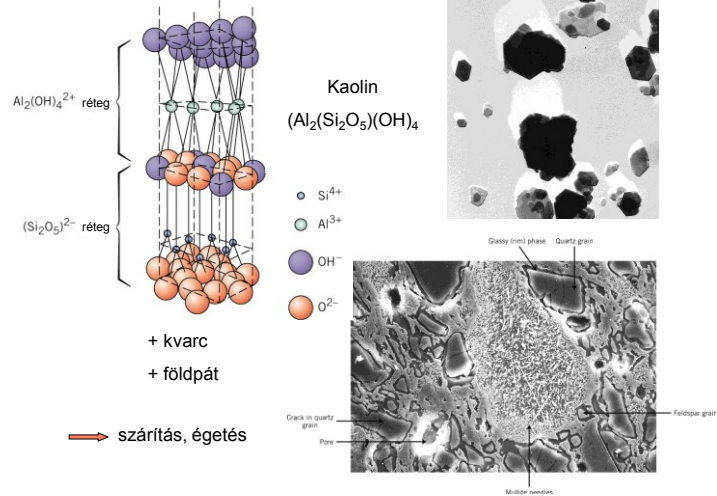


#### • Szilícium-dioxid ( $\text{SiO}_2$ )



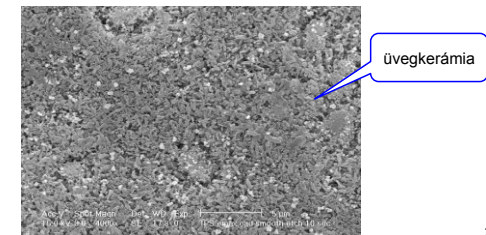
26

#### • Porcelán (hagyományos)



#### • Fogorvosi szilikátkerámiák

- amorf üveg (nátronföldpát -  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , káliföldpát -  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ...)
- amorf üveg kristályos tartományokkal
  - amorf földpátüveg + kevés leucitkristály ( $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ )
  - amorf földpátüveg + 50% leucitkristály ( $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ )
  - Li-szilikátüveg + 70% Li-diszilikátkristály ( $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ )



28

## Oxid kerámiák

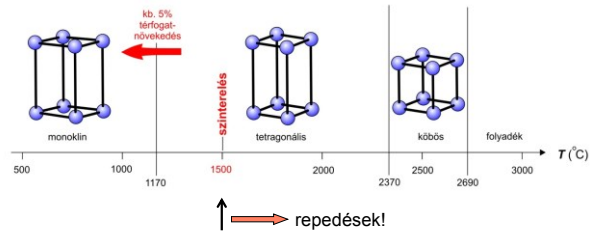
### • Cirkónium-dioxid ( $ZrO_2$ , cirkon)

Tulajdonságok (tömörre szinterelt állapotban):

- fehér
- sűrűsége kb.  $6 \text{ g/cm}^3$
- nagy szilárdságú és nagy szívósságú, merev, kemény (l. később)

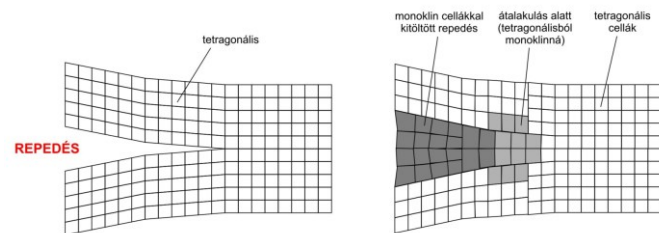
Előállítás:

- cirkonhomokból ( $ZrSiO_4$ )
- drága tisztítási eljárások, de hafniumoxid marad kb 1%-ban (radioaktivitás  $<1 \text{ Bq/g!}$ )
- hideg v. meleg sajtolás, szinterelés



29

A cirkon „önjavító” képessége:

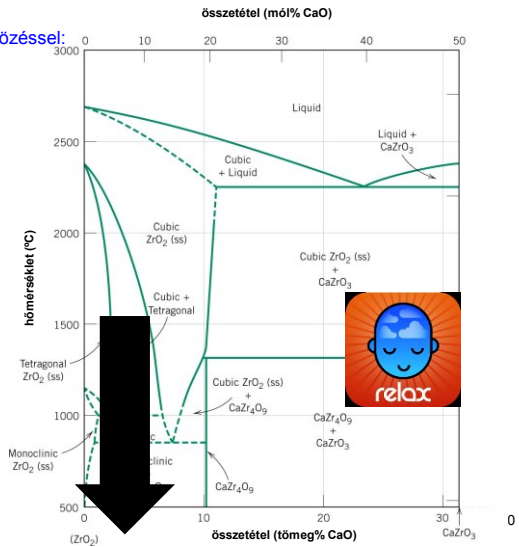
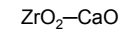
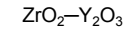
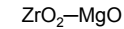


→ Cirkon hozzáadásával más kerámiák is ellenállóbbá tehetők a repedésekkel szemben!

→ I. Fázisátalakulással szívóított kerámiák!

31

Cirkon stabilizálása ötvözással:

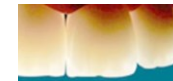
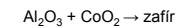


### • Alumínium-oxid ( $Al_2O_3$ )

Tulajdonságok:

- színtelen, fehér
- olvadáspont  $2700^\circ\text{C}$
- sűrűsége kb.  $4 \text{ g/cm}^3$
- nagyon kemény (l. később)

Kristályos formák: korund



### • Oxidkerámia kristály + üveg

Következő előadáshoz: 12-13. tankönyvi fejezetek

32